



TITLE:

# 地磁気静穏日変化に見られる超高層大気の長期変動について

AUTHOR(S):

新堀, 淳樹; 小山, 幸伸; 能勢, 正仁; 堀, 智昭; 大塚, 雄一; 谷田貝, 亜紀代; IUGONETプロジェクトチーム

---

CITATION:

新堀, 淳樹 ...[et al]. 地磁気静穏日変化に見られる超高層大気の長期変動について. 2013

ISSUE DATE:

2013-05-22

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/174308>

RIGHT:

/ This is not the published version. Please cite only the published version. この論文は出版社版ではありません。引用の際には出版社版をご確認ご利用ください。



## 地磁気静穏日変化に見られる超高層大気 の長期変動について

新堀淳樹<sup>1</sup>・小山幸伸<sup>2</sup>・能勢正仁<sup>2</sup>・堀智昭<sup>3</sup>・大塚雄一<sup>3</sup>・谷田貝  
亜紀代<sup>1</sup>・IUGONET プロジェクトチーム

<sup>1</sup>京大生存研、<sup>2</sup>京大地磁気センター、<sup>3</sup>名大STEL

## 1.1 地磁気日変化(Sq: Geomagnetic solar daily quiet variation)

アンペールの法則:  $J \propto \Delta B$ 

オームの法則:

$$\mathbf{J} = \Sigma \cdot (\mathbf{E} + \mathbf{U} \times \mathbf{B})$$

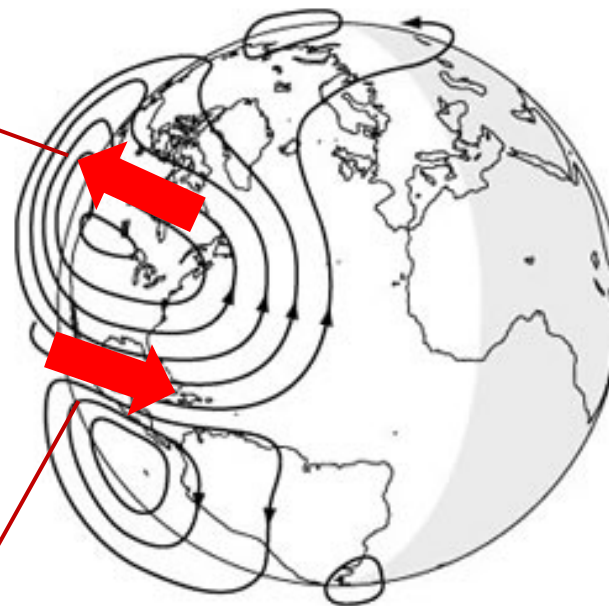
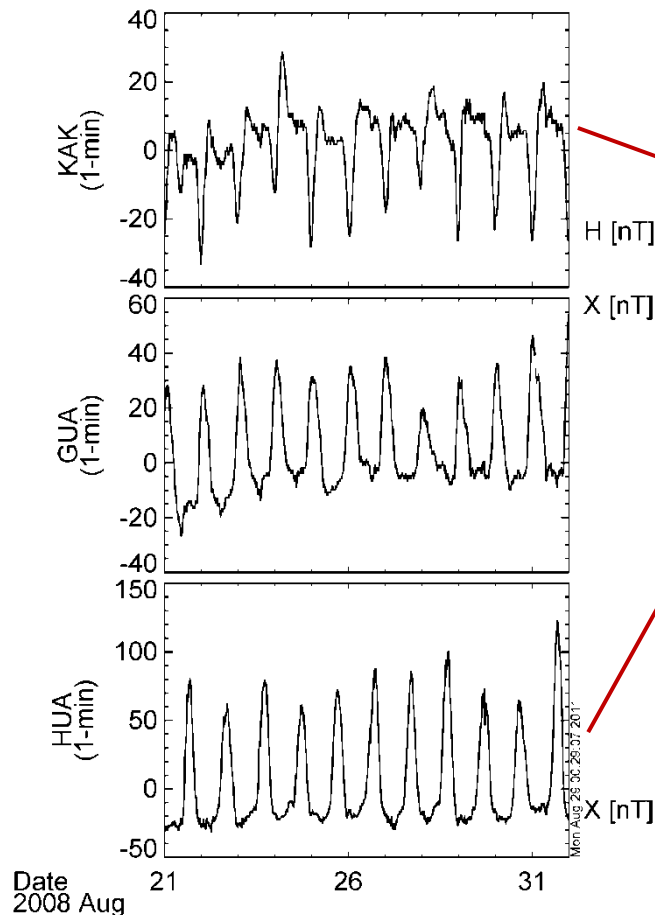
Sq場の振幅を決める要素

○電離圏伝導度の変化

太陽活動、季節変化

○起電力( $\mathbf{U} \times \mathbf{B}$ )の変化

太陽潮汐風と地球磁場の永年変化

地磁気日変化の電流系  
[Richmond and Thayer (2000)]

地磁気日変化の例

地磁気静穏日変化の振幅を見る意義

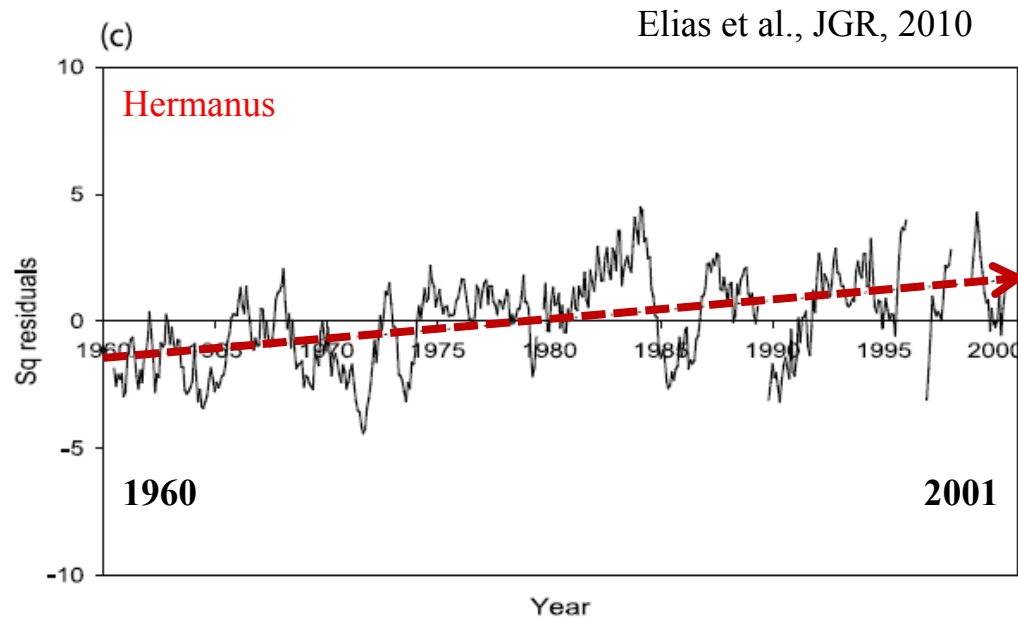
地球の超高層大気変動のシグナル(太陽活動、地球温暖化による影響)をみる事が可能

## 1.2 これまでの地磁気日変化の長期トレンドの研究-1

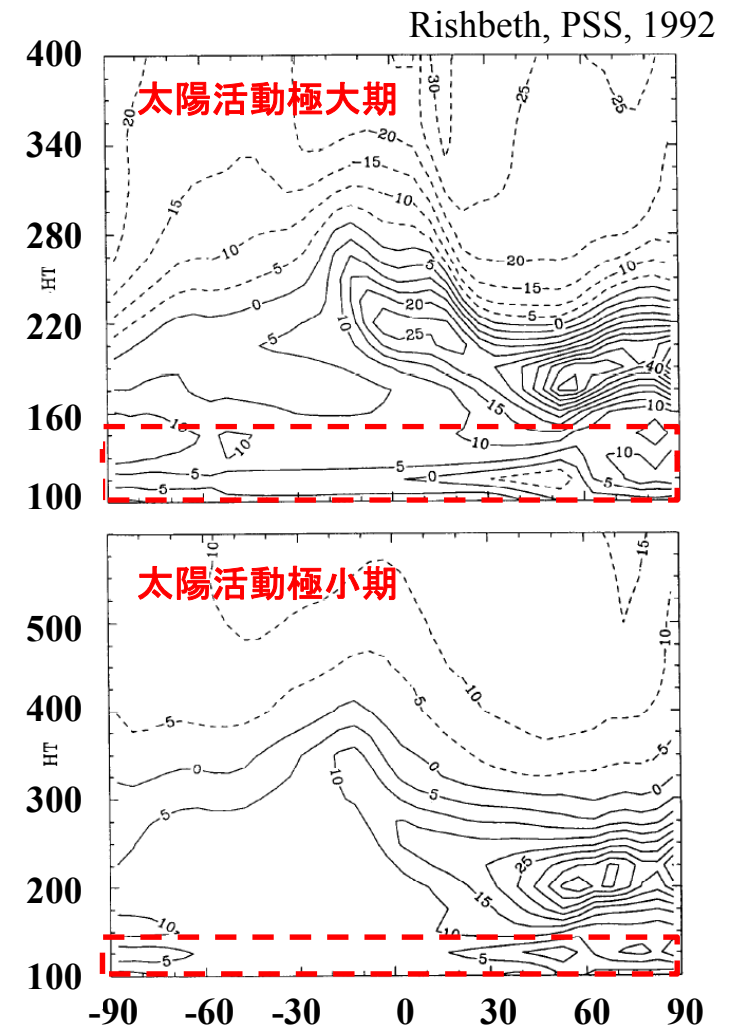
	観測 点数	太陽 データ	Sq場の経年 変動	主磁場の永年 変化の影響	特記事項
Sellek [1980]	3点	黒点数	あり 増加	あり	親論文
Schlapp et al., [1990]	11点	黒点数	あり 増加	あり	Hermanusでは、モデル予測値よりも経年変動が1桁ほど小さい
Macmillan and Droujinina [2007]	14点	F10.7	あり 場所に依存	?	Sq場の年変動は、太陽放射のプロキシとして使用可
Elias et al. [2010]	3点	黒点数	あり 増加	あり	地球温暖化による電離圏変動がSq場の変動に存在する可能性を示唆

## 1.3 これまでの地磁気日変化の長期トレンドの研究-2

### 地球温暖化による電離圏変動がSq場の変動に存在する可能性



- Sq振幅の増加:9.9%(Her)
- 地磁気永年変化に伴う増加:7.0%(Her)
- 温室効果ガスによる電離圏の影響
- CO<sub>2</sub>の量:200%増
- ⇒電離圏電子密度:5%増



## 1.4 本発表の趣旨

### [目的]

IUGONETプロジェクト参加機関が国際協力の下で、全球的に展開している観測点の長期地磁気データを用いて、**全球的な地磁気日変化振幅(Sq場)の長期変動の特徴**を明らかにする。

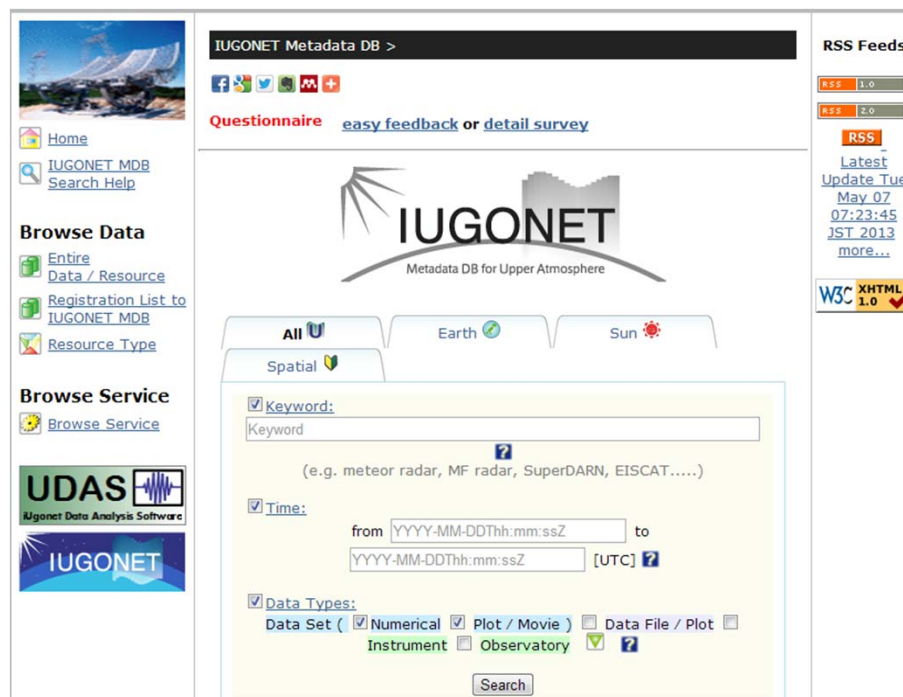
**太陽関連パラメタとの相関解析、及びスペクトル解析を行うこと**によって、そこに見られる超高層大気の長期変動の要因を探る。



## 2. 解析手法

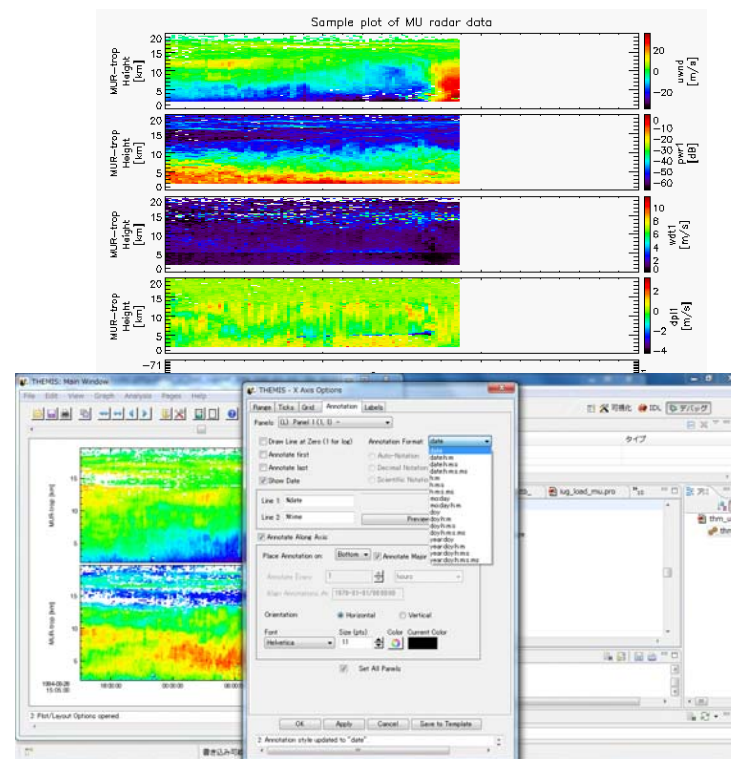
### 2.1 IUGONETプロダクトを用いた観測データの取得と解析

IUGONET メタデータ・データベース (MDDDB)  
多種多様な太陽・地球大気地上観測データを検索可能！



<http://search.iugonet.org/iugonet>

iUgonet Data Analysis Software (UDAS)  
IUGONETデータ他を扱える統合解析ツール



<http://www.iugonet.org/en/software.html>

多点の地磁気観測点の長期データ解析の効率化



## 2.2 使用観測データ

## ○太陽関連データ

F10.7指数(提供元:NGDC/NOAA)、黒点数(提供元:SIDC)

## ○地磁気関連データ

地磁気(1890年以降):1時間平均値、180点以上

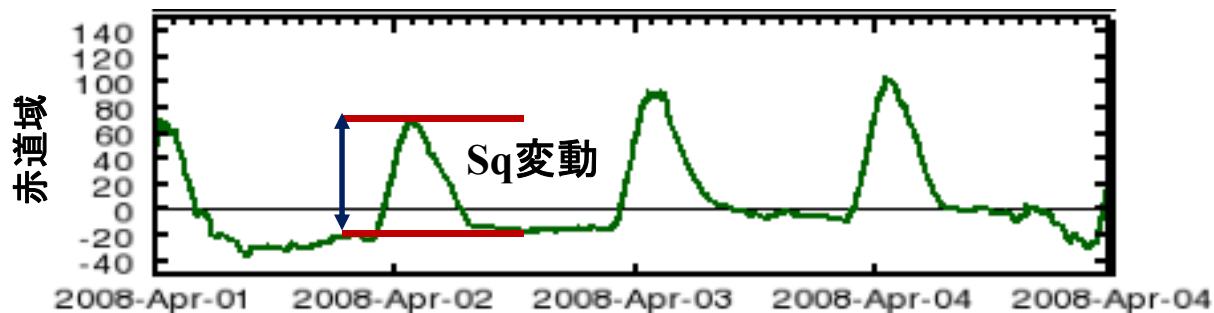
地磁気指数(aa、Kp指数):3時間値(京大地磁気センター)

## 2.3 地磁気静穏日と地磁気静穏日変化振幅の同定方法

○地磁気静穏日:地磁気Kp指数の1日のデータの中で最大値が4未満

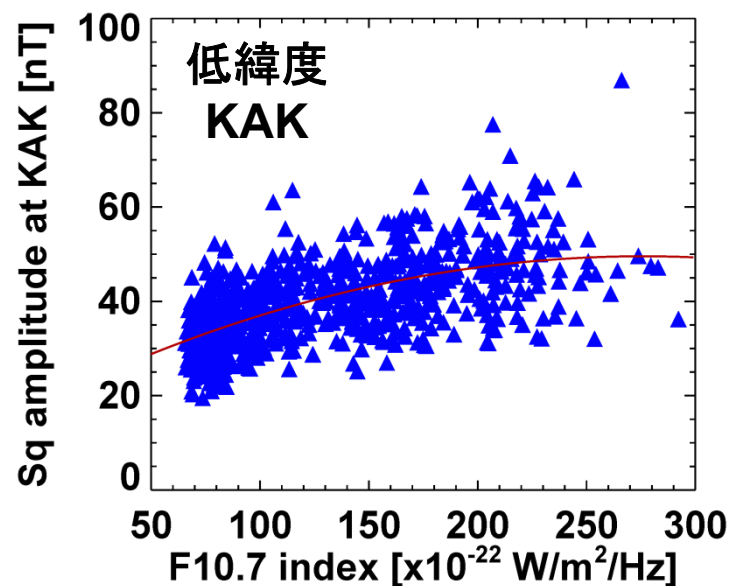
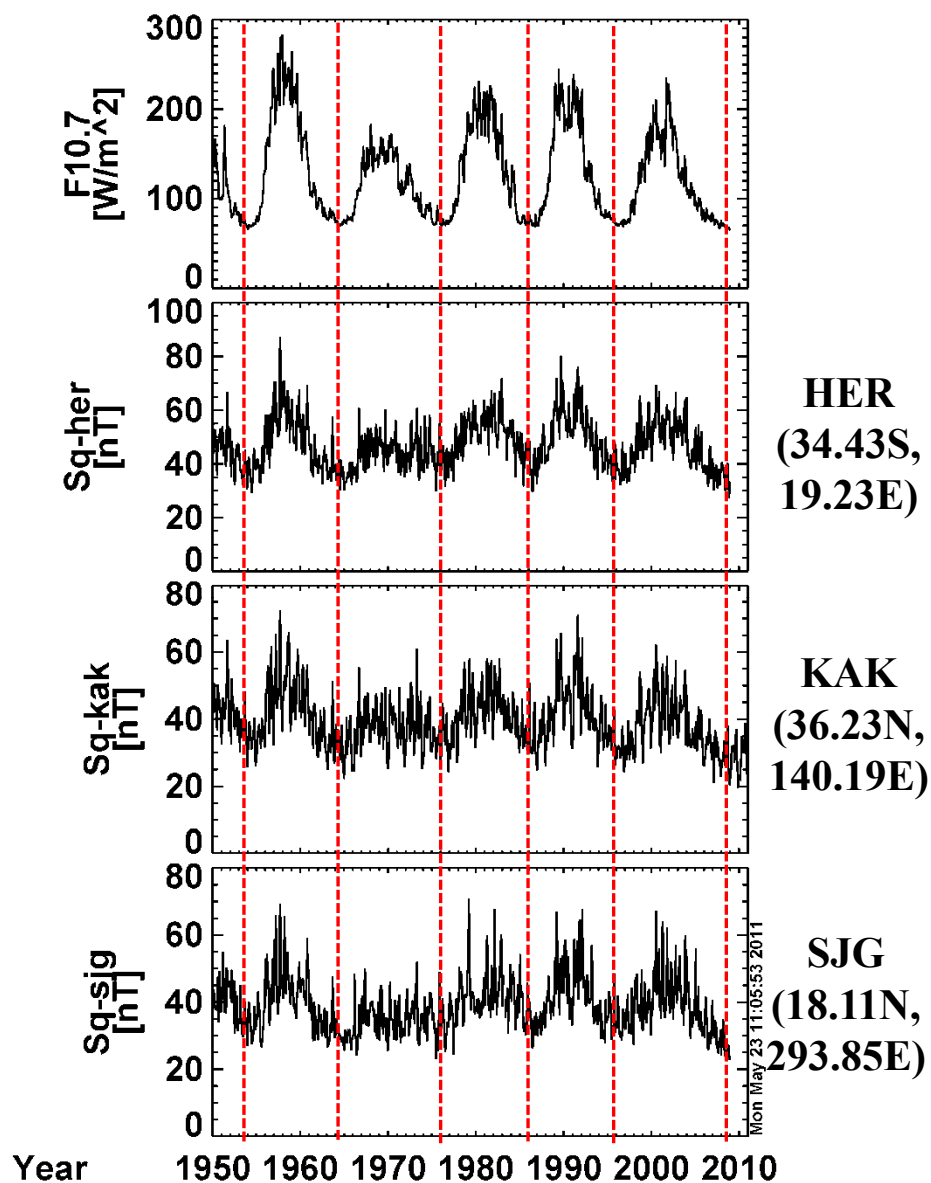
○地磁気日変化振幅:1日の変化の最大と最小の差

○太陽関連データとの相関解析:2次回帰曲線からのずれを計算





## 3.1 地磁気静穏日変化の振幅の太陽活動依存性(赤道域、低緯度)

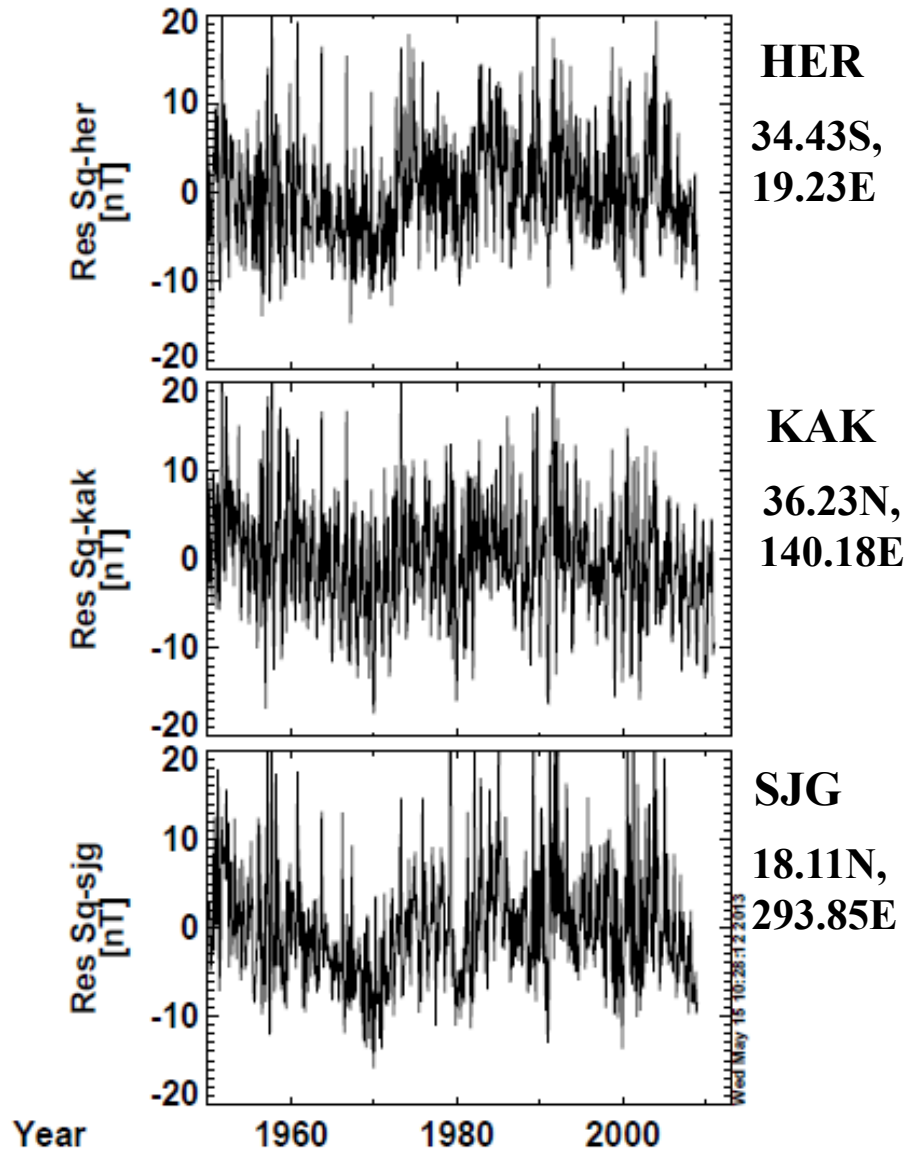


Sq場の振幅は、F10.7指数の  
変化に呼応して増減

ただし、各パラメータ同士は完  
全の1次の比例関係にない

上に凸型をした2次曲線の関係

## 3.2 Res-Sq場の振幅の長期変動(低緯度)



太陽F10.7電波フラックスとSq場の相関から求めた回帰曲線からのズレ成分に対する時系列プロット

低緯度3観測点

## トレンド検定結果

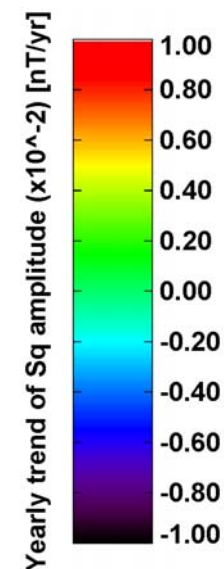
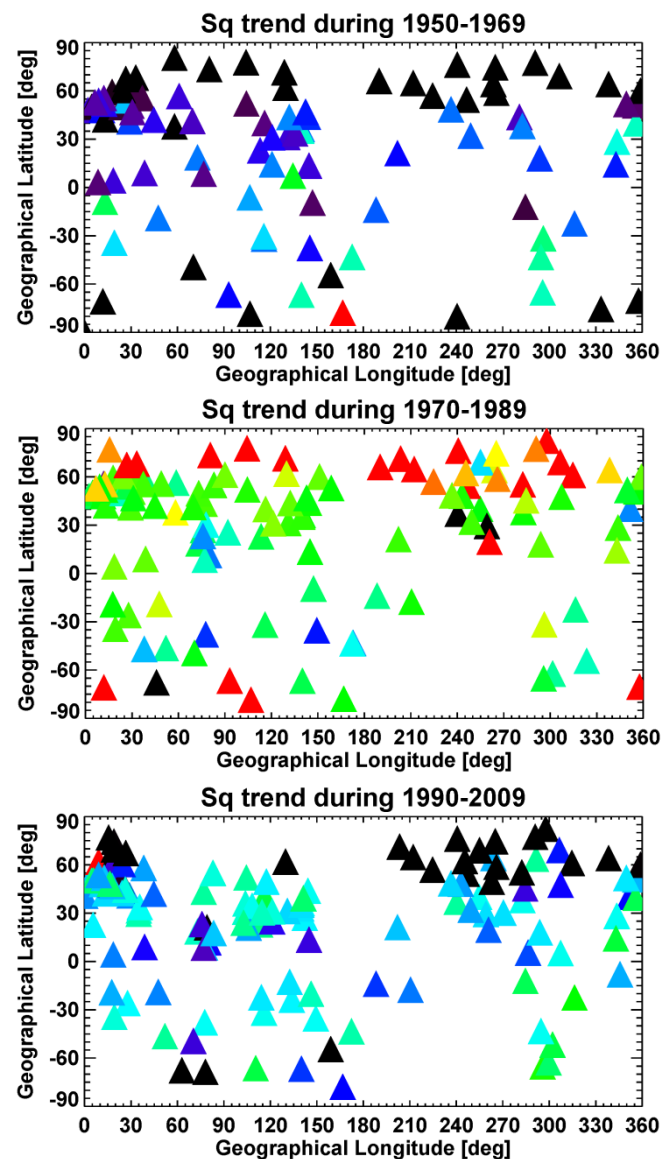
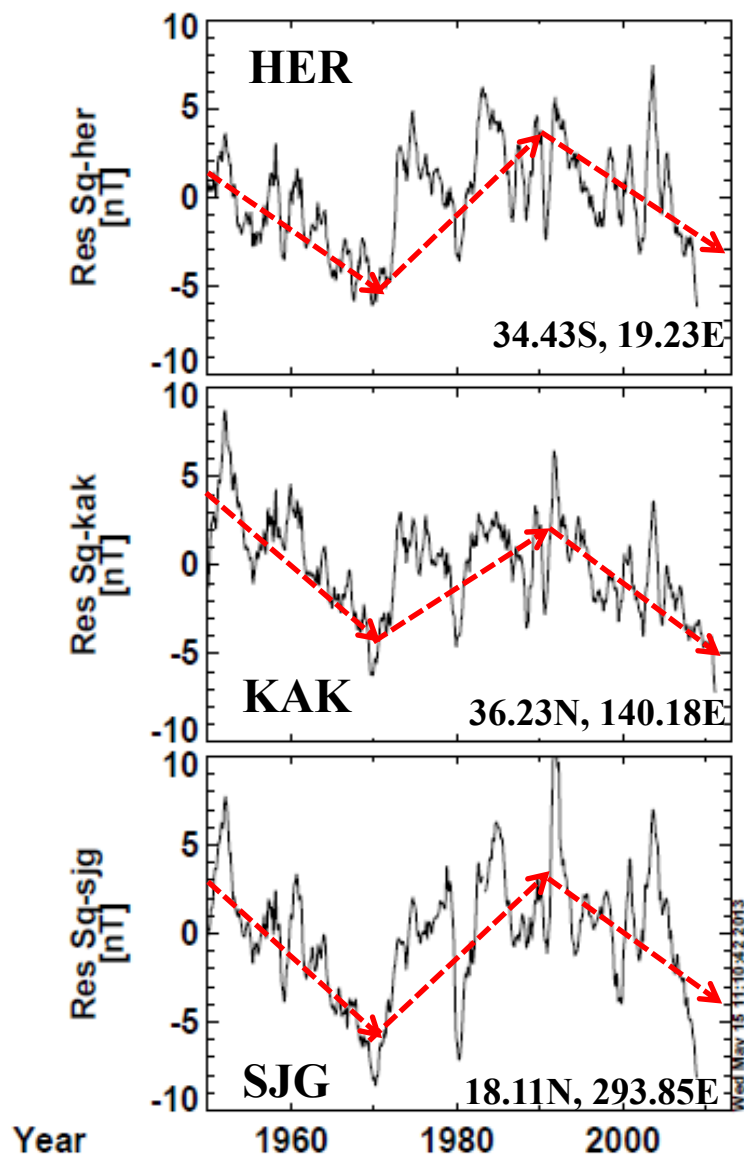
	HER	KAK	SJG
検定	上昇	下降	無し
傾き [nT/mon]	$3.2 \times 10^{-3}$	$-5.0 \times 10^{-3}$	$1.7 \times 10^{-3}$
誤差 [nT/mon]	$\pm 2.3 \times 10^{-3}$	$\pm 2.4 \times 10^{-3}$	$\pm 2.5 \times 10^{-3}$

## 統計検定結果

1950-2010年にわたるSq振幅の経年変化は、観測点によって傾向が異なる

→ **Elias et al. [2010]**の結果を否定

## 3.2 Res-Sq場の振幅の長期変動(低緯度)



約20年の周期でSq振幅は、増減

## 4.1 地磁気静穏日変動の振幅を決めるもの

### ○地磁気日変動(Sq)の振幅

電離圏電気伝導度の大きさと起電力に比例する

$$\mathbf{J} = \Sigma \cdot (\mathbf{E} + \mathbf{U} \times \mathbf{B})$$

### ○電離圏伝導度( $\Sigma$ )の変化

太陽活動依存性＝太陽放射(UV/EUV)の11年周期性

季節依存性＝地球の自転軸の傾きの効果

地磁気永年変化＝磁場減少による伝導度の増加

### ○起電力( $\mathbf{U} \times \mathbf{B}$ )の変化

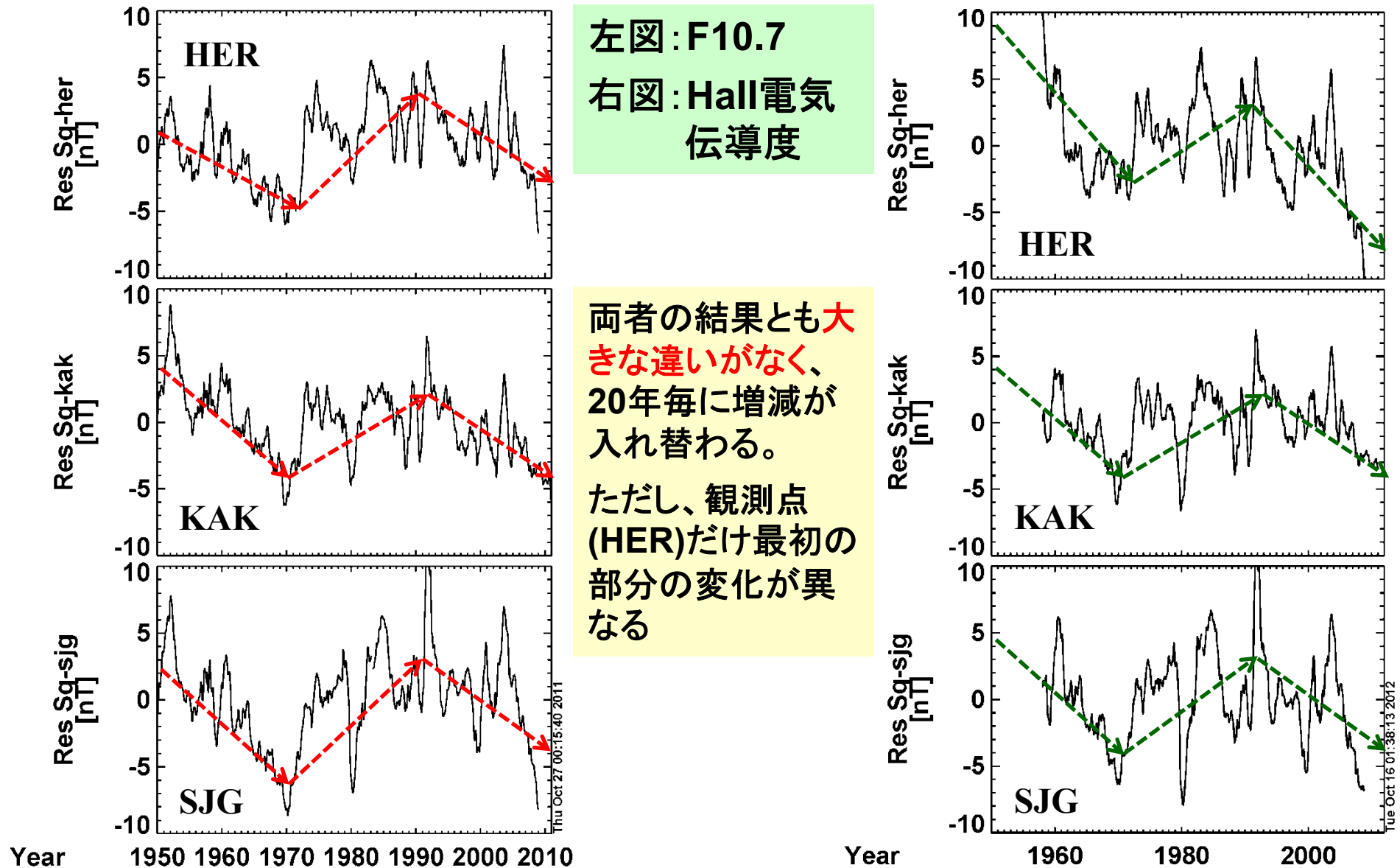
太陽潮汐風の変化、地磁気永年変化

電離圏電気伝導度のモデル値で回帰解析したSq場の振幅を見る必要

ポスター発表 5/22 18:15-19:30

MIS29-P04 電離圏電気伝導度モデルの開発、小山幸伸・新堀淳樹・堀智昭ほか

## 4.2 F10.7と電気伝導度モデル値で計算したRes Sq場の比較



## 4.3 Res-Sq場の振幅の経年変化の特徴

1950年以降、太陽活動による影響を小さくしたRes Sq場の振幅は、**約20年ごとに増減を繰り返す**特徴を持つ。

●20年周期の変動は、1950年以前でも成立するか？

太陽磁場反転22年周期と関係??



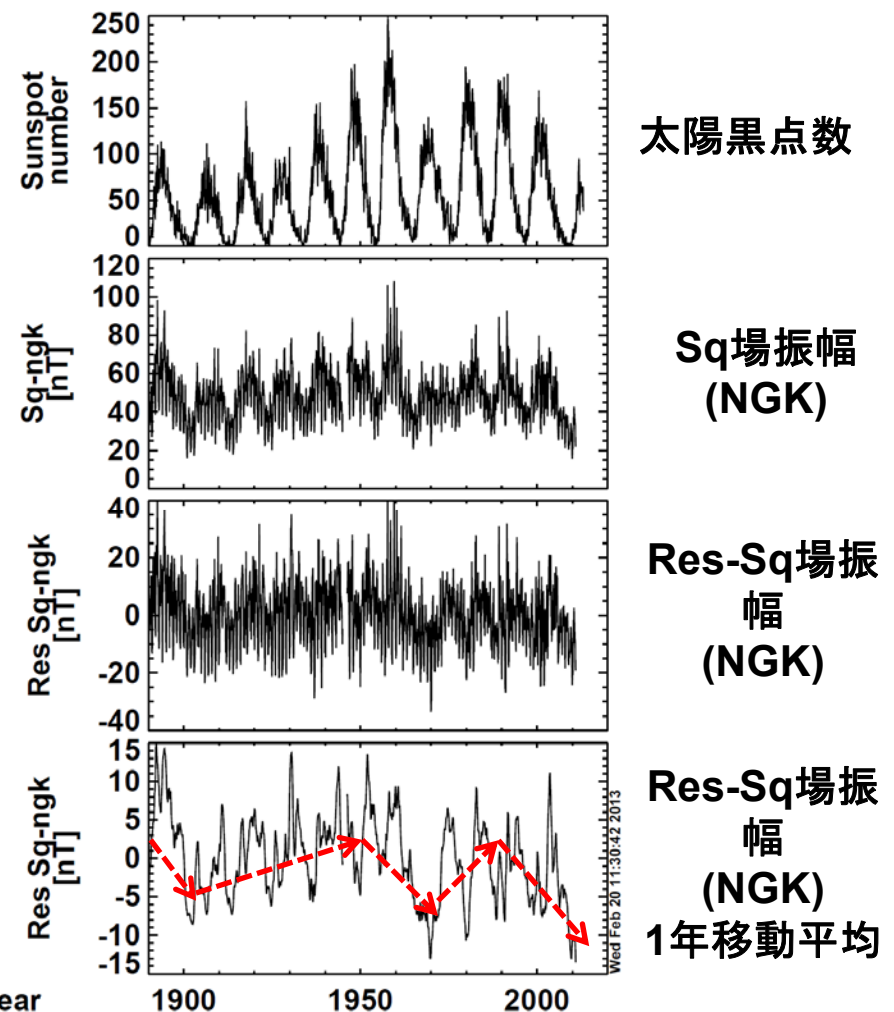
長期に使用可能な太陽黒点数との相関解析、スペクトル解析を実行

太陽活動の影響を小さくしたSq場の振幅の長期変動は、**必ずしも20年の周期では増減することはない**

1890-1900年: 減少、1900-1950年: 増加

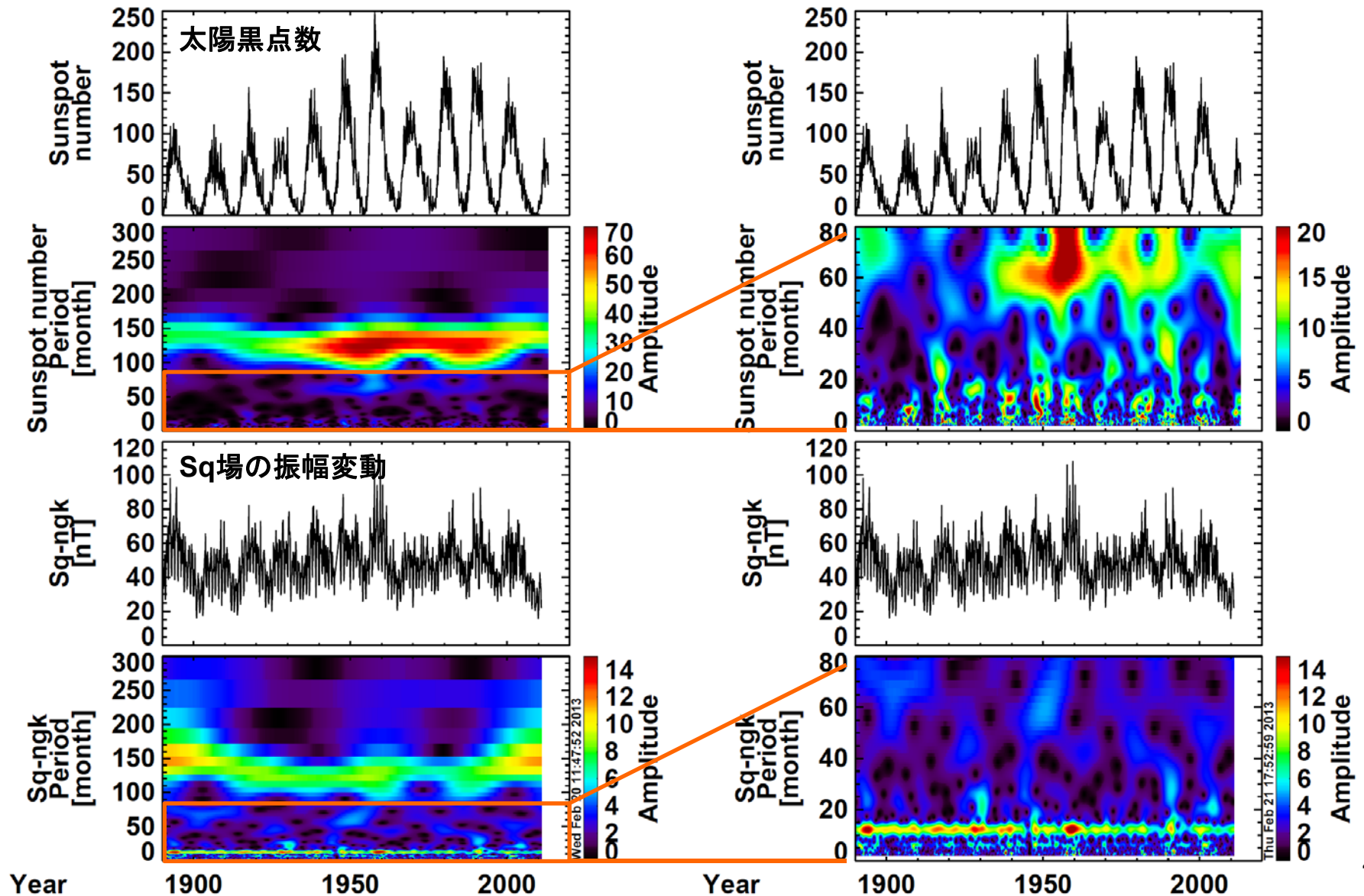
1950-1970年: 減少、1970-1990: 増加

1990年以降: 減少



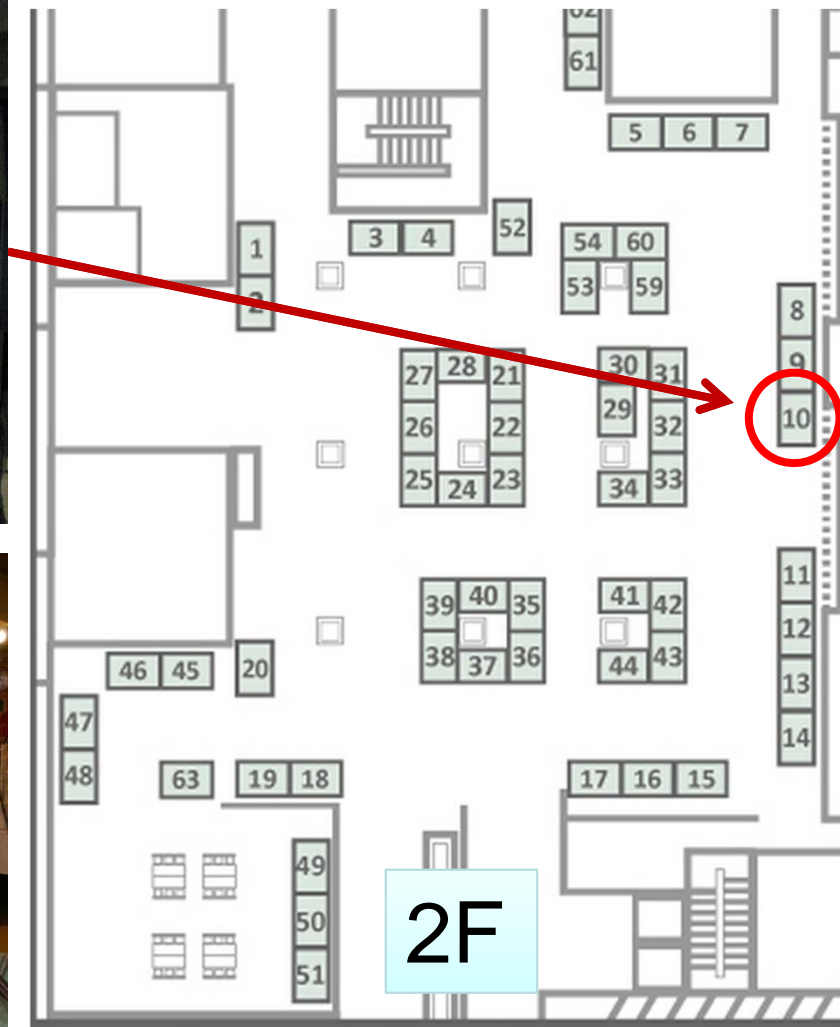
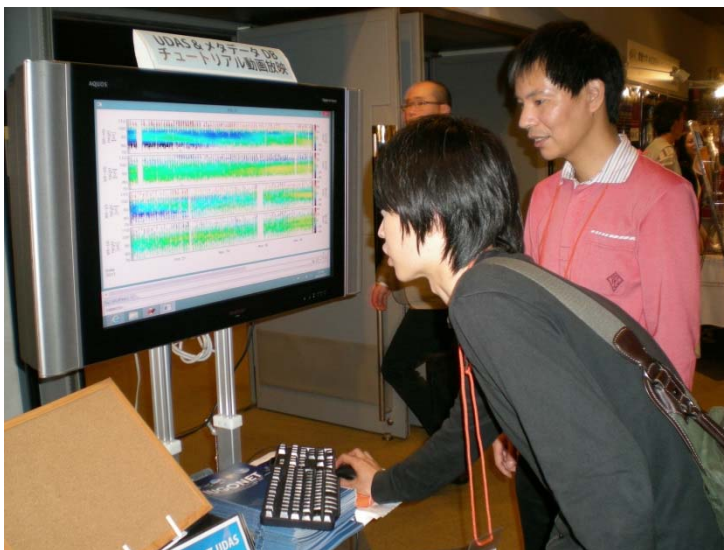
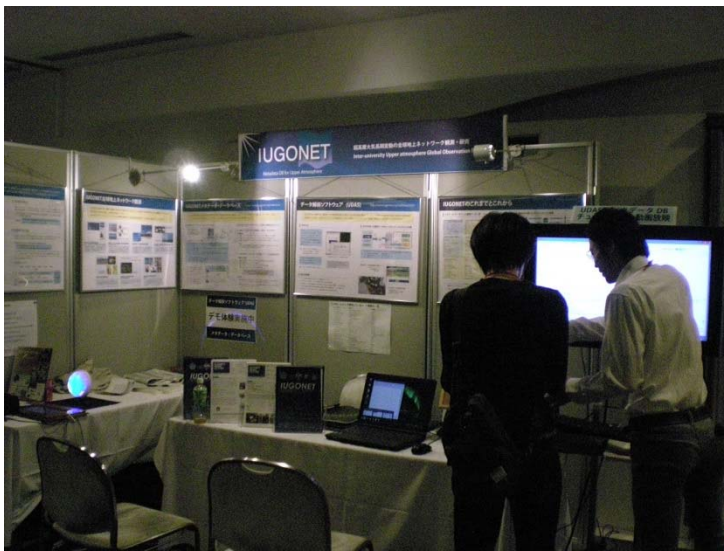


## 4.4 太陽黒点数、Sq場の振幅に関する周波数解析





1. Sq振幅は、**太陽活動11年周期に同期して変動**し、極大期には、Sq場の振幅が増大する。ただし、太陽黒点数、F10.7太陽電波フラックスから判断される**太陽活動度の大きさに対して、Sq場の振幅は線形的に比例しない**。
2. Sq場の振幅は、F10.7太陽電波フラックスの増加とともに増加していくが、必ずしも、**線形応答ではなく、2次曲線的な応答**をする。  
特にF10.7太陽電波フラックスが**200以上の領域**では、Sq場の振幅の増加は、**鈍くなる傾向**である。黒点についても同様の傾向がある。
3. F10.7との回帰曲線解析から求めたRes-Sq場の長期変動は、必ずしも増加傾向の経年変動を示すとは限らない。したがって、Elias et al. [2010]で報告された**Sq場の振幅の増加傾向は普遍的なものではない**ことが統計検定によって判明した。
4. Res-Sq場の長期変動には**20年の周期**をもつが、**電離圏電気伝導度モデル値を用いた相関解析からも同様の結果**を得た。
5. スペクトル解析の結果、太陽11年活動周期成分は、Sq場の長期変動に現れるが、その**振幅変動は一致しない**。また、短周期変動成分(例えば5年周期)はお互いに一致しない。



ポスター会場

- メタデータDB, 統合解析ソフトウェア等を体験できます！

### ○今後の方針:

#### 1. 太陽紫外線実データを用いたSq場の解析

Res-Sq場の振幅を求めるのに、F10.7指数ではなく、地球超高層大気の電離に効く紫外線データを利用する

Res-Sq場の振幅トレンドにどのような違いがあるかを考察する

#### 2. 電離圏電気伝導度モデル値を用いた定量的評価

電離圏電気伝導度モデル値との相関解析を行い、背景磁場の減少・増加に伴うSq場の振幅変動を取り除き、超高層大気の長期変動の寄与を定量的に評価する

#### 3. 電離圏TEC値とEUVとの関係の特徴を探る

1997年4月以降の太陽活動1周期以上のGPS-TEC値データとF10.7指数やEUVフラックスにどのような相関関係があるかを調査する

#### 4. 太陽風の長期解析

極域Sq<sub>p</sub>場の振幅を決めているのは、太陽風であるため、この太陽活動1周期でどのように太陽風と相関があるか調べる